

## Single-phase power factor correcting step-up converter

**Patent number:** CN1308407  
**Publication date:** 2001-08-15  
**Inventor:** ZHANG XINGZHU (CN); DONG XIAOPENG (CN); XIE WEI (CN)  
**Applicant:** HUAWEI ELECTRIC TECHNOLOGY CO (CN)  
**Classification:**  
- **international:** *H02M3/335; H02M3/24; (IPC1-7): H02M3/335; H02M33/38*  
- **european:**  
**Application number:** CN20001036054 20001226  
**Priority number(s):** CN20001036054 20001226

**Report a data error here**

### Abstract of CN1308407

A single-phase power factor correcting boost converter includes single phase input and output ends, single phase rectification circuit, voltage loop and current loop. One output signal of current loop is fed back to the output end of the current sampling circuit through feed back resistor. Its other output signal is connected to the positive input end of the follower which has one output signal fed back to its negative input end and an other output signal is connected to the positive input end of pulse width modulation circuit. The input power range of harmonic wave in IEC 1000-3-2A standard may be increased greatly, provided the circuit parameters satisfy certain conditions.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide



## 权 利 要 求 书

1. 一种单相功率因数校正升压变换器，包括单相输入端 ( $V_{in}$ )、输出端 ( $V_o$ )、单相整流电路、电压环 (1)、电流环 (2)，所述单相输入端 ( $V_{in}$ )接单相交流电源，输出端 ( $V_o$ )的输出为直流电，在整流电路的正输出端经过一个电感 ( $L$ ) 跨接一个电子开关( $S$ )至整流电路的负输出端，该电子开关( $S$ )的控制端和一个脉宽调制电路(PWM)的输出端相连，该脉宽调制电路(PWM)的反相输入端与外部输入三角波信号相连；所述电流环 (2) 的正相输入端接电压环 (1) 的输出端，反相输入端接电流采样电路 ( $K$ ) 的输出端；

其特征是：所述电流环 (2) 的输出信号一路通过反馈电阻 ( $R_f$ ) 反馈至电流采样电路 ( $K$ ) 的输出端，另一路接至脉宽调制电路 (PWM) 的正相输入端。

2. 如权利要求 1 所述的单相整流器，其特征是：所述电流环 (2) 的输出信号一路通过反馈电阻 ( $R_f$ ) 反馈至电流采样电路 ( $K$ ) 的输出端，另一路经一个电压跟随器 (3) 接至脉宽调制电路 (PWM) 的正相输入端。

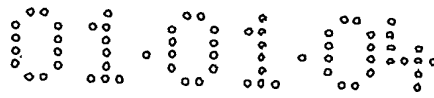
## 说明书

## 单相功率因数校正升压变换器

本发明涉及一种带有功率因数校正电路的单相整流变换器，特别是采用不连续模式（DCM）的升压（Boost）变换器，其通称为单相 DCM Boost 变换器。

单相 DCM Boost 变换器[参见 L.liu and Y.liu, "Current waveform distortion in power factor correction circuits employing discontinuous mode boost converters", Conf.Rec.of PESC 1989, pp. 825 -829]是一种近似的功率因数校正电路（简称为 PFC）。与其它单相 PFC 电路比较，它具有结构简单、控制方便、Boost 二极管无反向恢复问题等优点。采用传统定频定占空比的这种 PFC 电路，满足 IEC-1000-3-2 A 级谐波标准的最大输入功率大约是 1.2kW。因而对于更大输入功率的通信电源模块，为既能保持这种 PFC 电路结构简单的优点，又能达到 IEC-1000-3-2 A 级谐波标准，最佳的途径就是修改控制策略，调制占空比函数。

近几年，已有一些改进的控制方案相继提出，它们是 CCM/DCM 边界控制[参见 Motorola Linear/Interface Ics Devices Data, "Power Factor Controllers-MC34262", pp3-399---3-413]、2 次谐波注入控制[参见 DaFeng Weng, S.Yuvarajan, "Constant-Switching-Frequency AC-DC Converter Using Second-Harmonic-Injected PWM", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.11, No.1, January, 1996.], 2n 次谐波注入控制[参见 S.Yuvarajan, DaFeng Weng, "Input-Current Harmonic Reduction in AC-DC Converters Using Rectified-Voltage PWM", in Proc.HFPC'97]等。采用这些改进的控制策略后，能大大减小 3 次、5 次、7 次等谐波含量，从而保证了在主电路结构不变的情况下，增加满足 IEC-1000-3-2 标准的最大输入功率。尽管这些控制策略都能有效地实现电流谐波含量的减小，但各有缺点。其中



CCM/DCM 边界控制是一种变频控制方案，它的大范围开关频率变化使得输入 EMI 滤波器的设计较为困难；2 次谐波注入法取样电路的实现较为复杂； $2n$  次谐波注入控制法虽有较大的改进，但其实现仍然比较复杂。

还有人提出过采用 Current-Clamped (电流箝位) [参见 R. Rdel, B. P. Erisman, "Low-Cost Power-Factor Correction/ Line-Harmonics Reduction with Current-Clamped Boost converter," HFPC'95, pp261-269.和 R. Rdel, A. S. Kislovski, B. P. Erisman, "Input-Current-Clamping: An Inexpensive Novel Control, Technique to Achieve Compliance with Harmonic Regulations". IEEE APEC'96, pp145-151] 控制的 CCM 单相 Boost PFC 电路，它采用传统的平均电流型控制和峰值电流型控制两种技术，相当简单地实现了 1KW 以内的满足 IEC 1000-3-2 A 级谐波标准的单相高功率因数校正要求。但它仍不能在较大功率范围内实现所述的校正要求。

本发明的目的就是为了解决以上问题，提供一种单相功率因数校正升压变换器，既能改善输入电流谐波，使之在较大功率的应用场合仍能满足 IEC-1000-3-2 标准，又使电路更加简单。

本发明实现上述目的的方案是：一种单相功率因数校正升压变换器，包括单相输入端、输出端、单相整流电路、电压环、电流环，所述单相输入端接单相交流电源，输出端的输出为直流电，在整流电路的正输出端经过一个电感跨接一个电子开关 (S) 至整流电路的负输出端，该电子开关的控制端和一个脉宽调制电路的输出端相连，该脉宽调制电路的反相输入端与外部输入三角波信号相连；所述电流环的正相输入端接电压环的输出端，反相输入端接电流采样电路的输出端；其特征是：所述电流环的输出信号一路通过反馈电阻反馈至电流采样电路的输出端，另一路接至脉宽调制电路的正相输入端。

由于采用了以上的方案，与传统方法相比，多出一个处理过程：将电流环的输出再度反馈至电流环的输入，合成后的输出接脉宽调制电路的正相输入端，再与外部载波信号比较产生所需的开关占空比，调节电流环的控制参数 (1.5KW Boost PFC 电路的实验参

数为： $R_f=22K, R_1=10K, R_2=10K, C_2=470pF$ ）可使此占空比正好为 DCM BOOST 变换器产生高质量（接近单位功率因数）的纯输入正弦电流波形所要求的占空比，从而大大提高了满足 IEC 1000-3-2 A 级谐波标准的输入功率范围。实验已证明了这一点。

图 1 是现有技术中采用定频控制的单相 DCM Boost 变换器的原理示意图。

图 2 是现有技术一种改进型单相 DCM BOOST PFC 电路示意图。

图 3 是现有技术另一种改进型单相 DCM BOOST PFC 电路示意图。

图 4 是传统的平均电流控制技术电路示意图。

图 5 是本发明提出的改进型单相 DCM BOOST PFC 电路示意图。

图 6 是图 1 PFC 输入相电流的示意图 ( $M=1.4$ )。

图 7 是图 3 PFC 输入相电流的示意图 ( $M=1.4$ )。

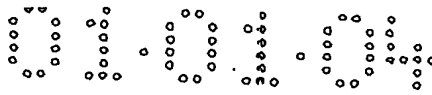
图 8 是图 5 PFC 输入相电流的示意图 ( $M=1.4$ ) 示意图。

下面通过具体的实施例并结合附图对本发明作进一步详细的描述。

图 1 是现有技术采用定频控制的单相 DCM Boost 变换器框图，它是一个传统的电压型控制，如设计电压环的带宽远远低于电网的频率 ( $<10Hz$ )，则开关占空比在电网周期内 ( $100Hz$ ) 可看成常数，这种最简单的单相 PFC 技术可满足 IEC-1000-3-2A 谐波标准的最大功率是 1.2 KW。

图 2 是现有技术一种改进型单相 PFC 框图，它通过在电压环的输出迭加一个输入相电压的 2 次或  $2n$  次谐波信号以调制开关占空比，使之在电网周期内不为常数——调制的作用是在相电压峰值附近，适当减小占空比；而在 60 度和 120 度附近，适当增加占空比，使输入相电流更加接近正弦，从而增加满足 IEC-1000-3-2A 谐波标准的最大功率。但都要用较复杂的检测电路来产生谐波注入信号。

图 3 是现有技术另一种改进型单相 PFC 框图，它是一种峰值电流注入控制的单相 DCM BOOST PFC。检测和控制非常简单，而

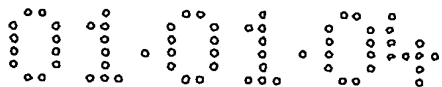


且因是峰值电流控制，使电路具有自动限流功能和优越的动态性能。

图 4 是传统的平均电流控制技术，该电路包括单相输入端 ( $V_{in}$ )、输出端 ( $V_o$ )、单相整流电路、电压环(1)、电流环(2)，所述单相输入端 ( $V_{in}$ ) 接单相交流电源，输出端 ( $V_o$ ) 的输出为直流电，在整流电路的正输出端经过一个电感 ( $L$ ) 跨接一个电子开关 ( $S$ ) 至整流电路的负输出端，该电子开关 ( $S$ ) 的控制端和一个脉宽调制电路 (PWM) 的输出端相连，该脉宽调制电路 (PWM) 的反相输入端与外部输入三角波信号相连；所述电流环 (2) 的正相输入端接电压环 (1) 的输出端，反相输入端接电流采样电路 ( $K$ ) 的输出端。在这种方案中，电压环 (1) (带宽远低于网频，一般  $<10\text{Hz}$ ) 的输出是电流环 (2) (快环，带宽一般  $>1/10f_s$ ,  $f_s$  为开关频率) 的基准。控制的结果是强制电感电流变为直流，从而可使输入相电流近似为方波，实际由于最大占控比的限制和电路的非理想，其输入电流波形将为梯形，故也可增加满足 IEC-1000-3-2A 谐波标准的最大功率，但增加的程度有限。

图 5 是本发明提出的一种单相 DCM BOOST PFC 框图，它是图 4 的改进，其特征是所述电流环 (2) 的输出信号一路通过反馈电阻 ( $R_f$ ) 反馈至电流采样电路 ( $K$ ) 的输出端，另一路接到 (或经一个电压跟随器 (3)) 脉宽调制电路 (PWM) 的正相输入端。与图 4 的不同是又将电流环 (2) 的输出再度反馈至电流环 (2) 的输入，合成后的输出 (或经一电压跟随器 (3)) 再与外部载波信号比较产生所需的开关占空比，调节电流环 2 等控制参数可使此占控比正好为 DCM BOOST 变换器产生高质量 (接近单位功率因数) 的纯输入正弦电流波形所要求的占控比，从而大大提高了满足 IEC 1000-3-2 A 级谐波标准的输入功率范围 (1.5KW Boost PFC 电路的实验参数为:  $R_f=22\text{K}$ ,  $R_1=10\text{K}$ ,  $R_2=10\text{K}$ ,  $C_2=470\text{pF}$  能实现功率因数近似为 1)。发明的控制电路技术与传统的平均电流型控制技术既相似又不同，它是一种非线性平均电流控制技术。

图 5 是本发明的原理图，用该原理实现平均电流控制单相 DCM BOOST PFC，既可采用分离元件也可采用集成电路 (IC)，其中电



流检测电路也可以有多种，如互感器、采样电阻等，它们都属本专利的保护范围。

下面仅以图 5 的框图为例介绍本发明的工作原理。传统单相 DCM Boost 变换器的输入电流归一化波形如图 6 所示。采用图 2，图 3 的改进型单相 PFC，其输入电流波形如图 7 所示。可见能大大减小输入电流的各次谐波含量。

在保证图 5 的电路参数满足条件：(1)电感的电流为 DCM（不连续电流模式）；(2)电压环带宽很低（ $<10\text{Hz}$ ），即在电网周期内，电压环输出可近似为常数；(3)合理的电流环设计，那么其输入电流波形将如图 8 所示，它是一个纯正弦电流波形。可与跟随方式的 BOOST PFC（采用芯片 UC3854 和 MC33368 控制）媲美，而电路结构却简单了许多。

本发明的重点是把 Current Clamped 的平均电流控制首次推广到了单相 DCM BOOST 变换器中，并作了修改，用非常简单的检测和控制实现了相当稳定的和高质量的单相 PFC。它是通过检测单相 DCM Boost 变换器的电感电流信号，与电压环（外环）的输出构成一个电流环（内环）放大器，同时又将电流环的输出再度反馈至电流环的输入，合成后的输出(或经一电压跟随器)再与外部载波信号比较产生所需的开关占空比，此占空比能控制 DCM BOOST 变换器产生高质量（接近单位功率因数）的纯输入正弦电流波形，大大提高了满足 IEC 1000-3-2 A 级谐波标准的输入功率范围。（本发明的控制电路技术与传统的平均电流型控制技术相似，但又有不同，事实上它是一种非线性平均电流控制技术，但在这里仍然叫做平均电流控制方案。）

本专利发明的平均电流控制方案已用于单相输入（150V-265V AC），400V@1.5KW 输出的单相 DCM Boost 变换器中，其典型的功率因数大于 0.99，能非常容易地满足 IEC1000-3-2A 标准规定的输入电流谐波要求。与用 UC3854 和 MC33368 控制的单相 BOOST PFC 比较，可实现相同的输入电流质量，但控制更简单，成本更低，因而性价比更高。



说明书附图

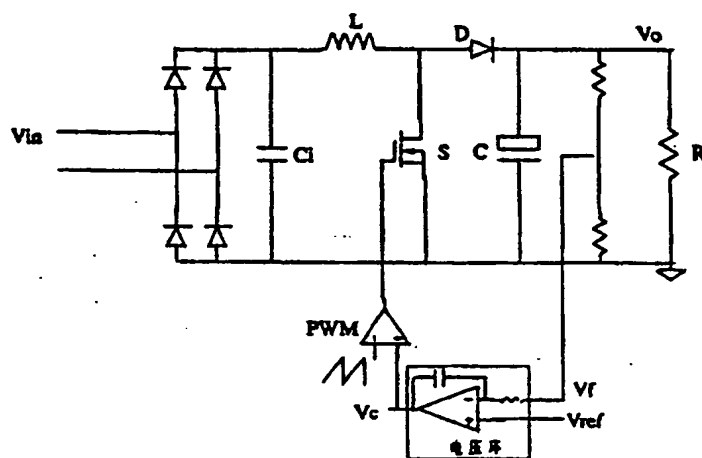


图1

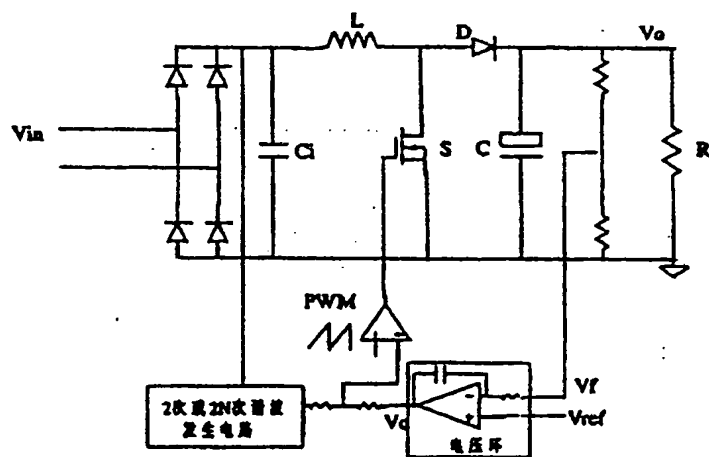


图2

01.01.04

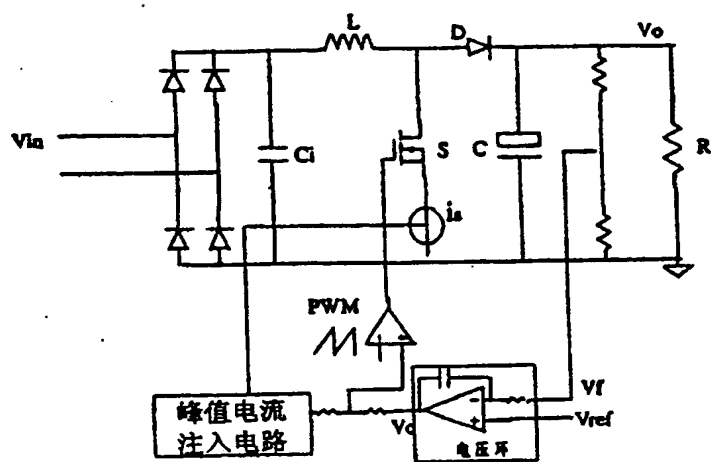


图3

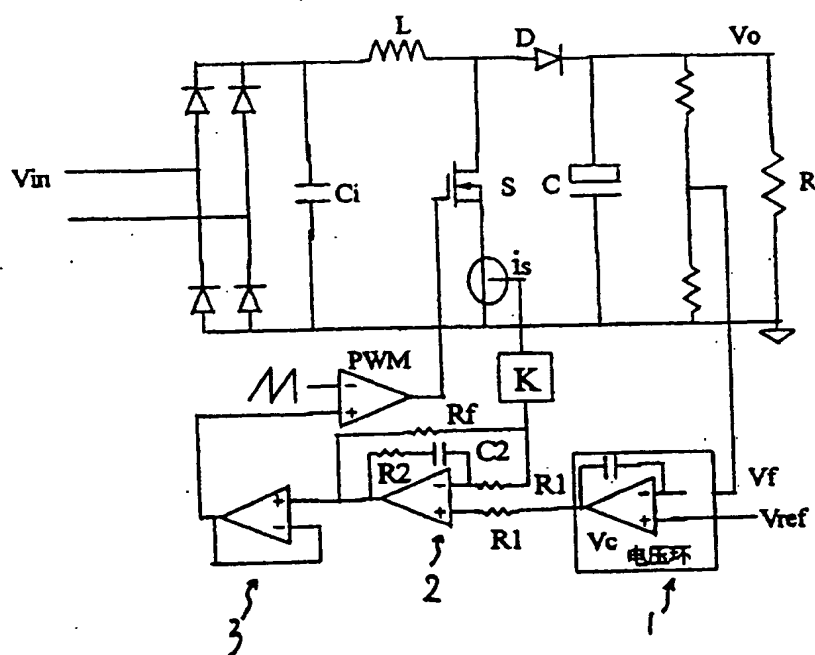


图4

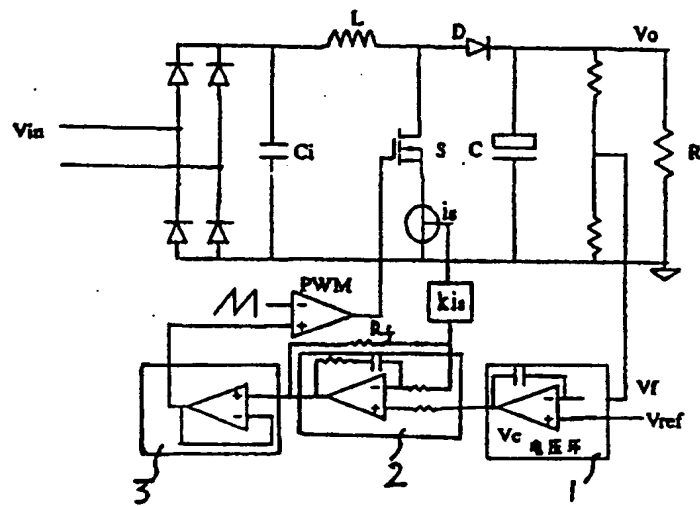


图5

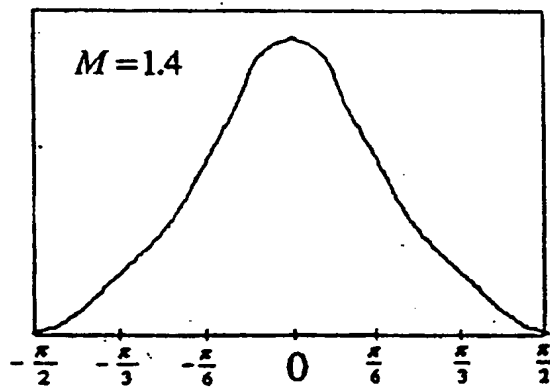


图6

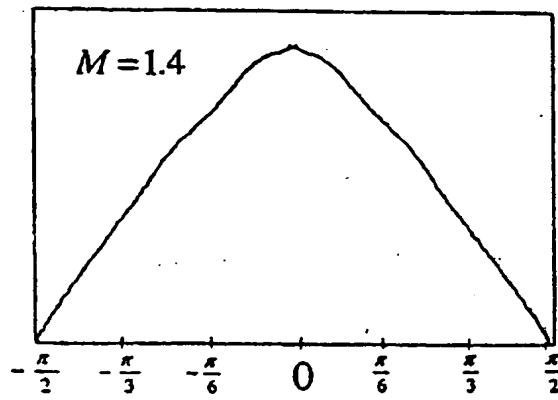


图7

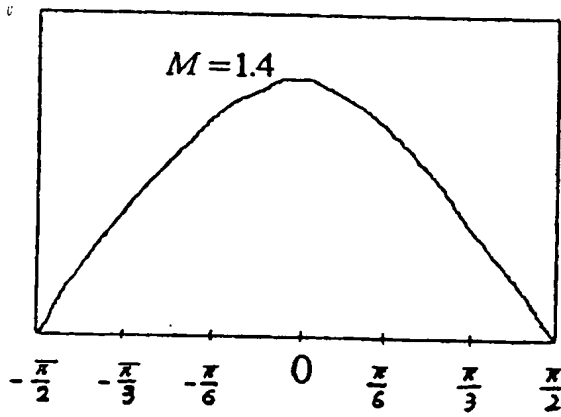


图8